4M

УДК 528.854/87(15)

Н.И. Мурашко, Л.А. Белозерский
Объединенный институт проблем информатики НАН, г. Минск, Беларусь
220012, Беларусь, ул. Сурганова, 6, г. Минск

Принципы построения программно-информационных комплексов промышленного мониторинга с использованием спутникового ДЗЗ в оптическом диапазоне

N.I. Murashko, L.A. Belozersky
United Institute of Informatics Problems of NAS of Belarus, c. Minsk
Surganova st, 6, 220012, c. Minsk, Belarus

Features for Construction of Automated Software Complexes of Industrial Monitoring with Use of ERS in Optical Absorption

Н.І. Мурашко, Л.А. Бєлозерський
Об’єднаний інститут проблем інформатики НАН, м. Мінськ, Білорусь
220012, Білорусь, вул. Сурганова, 6, м. Мінськ

Принципи побудування програмно-інформаційних комплексів промислового моніторингу з використанням спутникового ДЗЗ в оптичному діапазоні

Рассматриваются базовые положения и особенности построения автоматизированных программно-информационных комплексов промышленного мониторинга территорий и объектов на базе ДЗЗ. Приводится состав программных функций, обеспечивающих взаимосвязанное решение задач объединяемых ими программных модулей. Перечисляются принятые решения по преодолению проблем, препятствующих автоматизации, отладке программ и испытаний.
Ключевые слова: автоматическое решение, база данных, декомпозиция, диалог,
сведение яркостей, сегментация, штатное состояние, эталонное изображение.

The basic positions and construction features of automated software complex of industrial monitoring of remote sensing territories and objects using their generation experience are considered. The structure of the program functions providing the interrelated decision of problems joined program modules is resulted. The accepted decisions to solve the problems interfering automation, debugging of programs and tests are listed.
Key words: automatic solution, database, decomposition, dialogue,
reduction of the brightness, segmentation, personnel status, the reference image.

Розглядаються базові положення і особливості побудування автоматизованих програмно-інформаційних комплексів промислового моніторингу територій та об’єктів на базі ДЗЗ. Наводиться склад програмних функцій, які забезпечують взаємозв’язаний розв’язок задач об’єднуваних ними програмних модулів. Перераховуються прийняті рішення з подолання проблем, які перешкоджають автоматизації, налагодженню програм і випробувань.
Ключові слова: автоматичне рішення, база даних, декомпозиція, діалог,
зведення яркостей, сегментація, штатний стан, еталонне зображення.

Цель и задачи статьи

Современными областями применения многозональной спутниковой съемки Земли являются обнаружение и классификация состояний интересующих участков земной или водной поверхности с отличающимися целями различных предметных областей. При этом какую бы задачу, какую бы предметную область спутникового зондирования земной поверхности ни рассматривать, большое число их в конечном итоге сводятся к сопоставлению разновременных изображений соответствующей съемки, обнаружению и анализу возникающих изменений состояния объектов съемки.

Решению этих задач было подчинено и создание комплексов «Мониторинг-Э» («Мониторинг-Эталон») и «Мониторинг-НС» («Мониторинг – Несанкционированная Ситуация»), являющихся составными частями системы, разрабатываемой в интересах мониторинга территорий и объектов нефтехимических и газовых отраслей на базе ДЗЗ, наземных средств навигационных и датчикового контроля в рамках НИОКР по заданию программы Союзного государства «Космос-НТ» [1].

Преодоление традиционных ограничений, обнаруженных в ходе разработки и связанных с отказом от автоматически выполняемых действий в пользу интерактивного управления обработкой разновременных изображений объектов с поиском изменения их состояний в рамках многофункционального программного обеспечения, завершилось вводом комплекса «Мониторинг-Эталон», а затем и комплекса «Мониторинг – Несанкционированная Ситуация». Причем первый играл роль средства для отработки основных идей построения второго.

Завершение разработок и испытаний упомянутых комплексов, рассчитанных на использование данных Белорусской космической системы ДЗЗ, найденные решения и особенности позволяют подвести итоги выполненной работы, имеющей значимость для повторения и развития достигнутых результатов, сосредоточив внимание на принципах построения программно-информационных комплексов промышленного мониторинга состояний наземных объектов.

1 Базовые положения, положенные в основу создания программно-информационных комплексов мониторинга

Рассчитывая на конечного пользователя различных областей хозяйствования, требующих конкретных и периодически повторяющихся заключений по изменениям одних и тех же участков поверхности Земли, требуется, прежде всего, отказаться от представлений о том, что создаваемый комплекс должен быть исследовательской системой:

– уникальных решений;

– ежедневно применяемой;

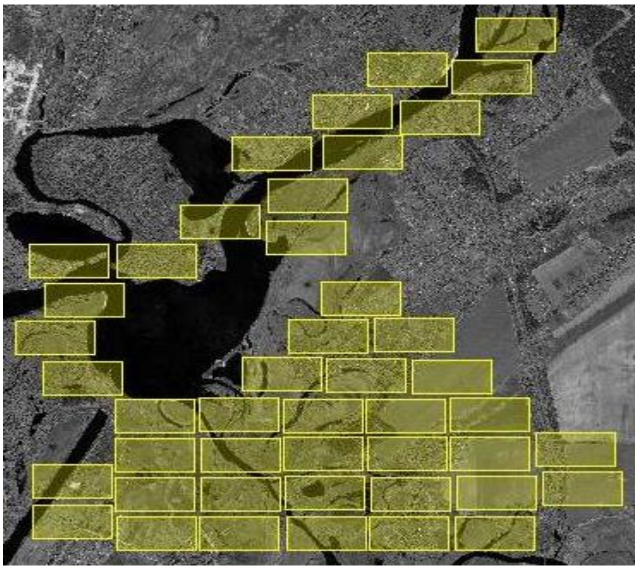
– допускающей эксплуатацию постоянным штатным составом, ориентированным только на работу с ней и имеющим высокую специализированную программистскую и тематическую подготовку;

– зависимой от физического и психического состояния человека-оператора и от имеющего место случаев принятия желаемого результата за истину.

Одно из основных базовых положений, позволяющих отказаться от перечисленных свойств разработки в пользу системы промышленного применения, должно состоять в определении понятия «объект мониторинга». С этой целью было установлено, что каждый представляющий интерес участок земной поверхности следует пространст-

венно выделять и ограничивать, считая его объектом наблюдения, контроля, обследования, осуществляемых в пределах одних и тех же его топографических границ при естественной периодичности космической съемки.

К степени пространственных ограничений каких-либо жестких требований может не предъявляться. В то же время можно заметить, что, чем больше участок соответствующих интересов, тем больше вероятность неполного его охвата в различных сеансах космической съемки, а также включения в его состав участков поверхности, не представляющих интереса. Одновременно, чем меньше площадь объекта, тем более детальным, с одной стороны, может быть контроль изменений его во времени. С другой стороны, участок наземных интересов любой конфигурации и протяженности всегда может быть заранее построен из расположенных вплотную малых по размерам объектов контроля (рис. 1).



а)



б)

Рисунок 1 – Пример расстановки объектов контроля на реальных изображениях фотопланов спутниковой съемки: а) части бассейна реки Сож, ее притока реки Ипуть и примыкающих к ним территорий б) бассейна реки Лесная

Развивая далее рассмотренное введение представлений об объекте, состояние технического объекта или объекта землепользования, удовлетворяющее выполнению им своего назначения или сохранению значимости, отражаемых во внешнем облике, следует определять как штатное состояние. Причем для объектов интересов, отличающихся от технических, его можно трактовать и как целесообразное.

Отсюда следует необходимость относить к базовым положениям понятие «эталонное (штатное) изображение объекта». Точно так же требуется введение понятия «изображений текущей космической съемки объекта» или короче – «текущее изображение», то есть изображение более позднее по времени съемок по сравнению с эталонным.

Если же ориентироваться на использование оптических средств космической съемки, то проблемы оценки большого числа состояний объектов не приходится относить к обнаруживаемым на основе использования результатов космического дистанционного зондирования Земли. В широком смысле понятия «состояния» не все соответствующие изменения отражаются во внешнем облике объектов.

Если же вести речь о внешнем облике объекта космической съемки, то в состав базовых положений построения комплексов соответствующего мониторинга приходится

вводить представление о погодно-климатических интервалах для решения основной задачи – сопоставления разновременных изображений объектов (эталонов и текущих). Для выбора их протяженности в каждой конкретном применении комплексов мониторинга могут быть свои представления о стационарности тех или иных состояний.

Наконец, результаты исследований и разработок экспериментальных образцов комплексов промышленного использования базовым положением их построения заставляют считать целесообразность использования для решения задач мониторинга изображений, получаемых одной космической системой съемки, приема и первичной обработки данных.

При рассмотренных условиях достижение качеств промышленного применения программно-информационного комплекса мониторинга должно основываться на следующих базовых положениях, определяющих разработку их программного обеспечения в виде функций и составляющих их модулей, обеспечивающих:

– возможность замены в случае доработок при совершенствовании и расширении функциональности;

– автоматическое выполнение выделенного объема решаемых задач;

– использование вместо карты района мониторинга его фотоплана в виде изображения, имеющего те же разрешающие способности, что и материалы текущих съемок;

– взаимодействие модулей и функций через создаваемую базу данных комплекса (БДК) с обеспечением хранения промежуточных и итоговых данных обработки информации наряду со статусными сообщениями о выполнении решаемых задач;

– пассивный характер диалога оператора с программно-информационным комплексом (ведущая программа при максимальном информировании о состоянии с предписаниями действий в необходимых случаях);

– постоянное хранение в погодно-климатических интервалах наряду с метаданными по эталонным изображениям объектов, координатам их топографической привязки и данных по их специализированной обработке в интересах последующего распознавания изменений во времени (до переоборудования объектов, меняющих их внешний облик);

– хранение всех изображений в файловой части программного обеспечения комплекса, а соответствующих метаданных – в БДК;

– создание БДК на удаленном сервере, связанном с компьютером реализации локальной сетью;

– возможность приема наземных данных об отклонениях объектов от штатного их состояния.

2 Состав функций программно-информационного комплекса мониторинга

Опыт проектирования, исследований, отработки принципов построения комплексов «Мониторинг-Э» и «Мониторинг-НС» подтверждает необходимость следующего состава программных функций, обеспечивающих реализацию рассмотренных базовых положений в процессе взаимосвязанного решения задач составляющими их программными модулями [2]:

– подготовки комплекса к работе (ввод, отображение, топографическая идентификация фотоплана объектов мониторинга и участков местности, на которых они расположены; назначение объектов мониторинга с выбором местоположения; выбор участков идентификации реперных точек);

– подготовки текущего изображения (ввод, организация хранения, визуализация, автоматическая расстановка реперных точек, геометрическая коррекция или ко-регистрация; обнаружение объектов мониторинга на текущем изображении спутниковой съемки);

– формирования эталонных и текущих изображений объектов (классификация текущих и эталонных изображений; геометрическое формирование размеров изображений; использование наземных данных о состояниях объектов; обработка изображений эталонных объектов с целью получения признаковой информации);

– подготовки процесса обнаружения изменений внешнего облика объектов мониторинга (дополнительная геометрическая коррекция текущих изображений, сведение яркостей текущих изображений объектов с эталонными, обработка текущих изображений эталонных объектов с целью получения признаковой информации);

– распознавания изменений внешнего облика объектов (формирование решающих правил, сопоставительный анализ результатов обработки текущих и эталонных изображений объектов, принятие решений по каждому объекту);

– совместного анализа обнаруженных изменений (обработка разностных гистограмм изображений объектов во всех спектральных диапазонах, селективно-яркостная сегментация изменений, многоспектральная декомпозиция);

– поддержки принятия решений о возникновении нештатных (экстремальных) ситуаций на объектах мониторинга и автоматическая подготовка отчетных материалов.

Тот же опыт подтверждает целесообразность включения в состав автоматизированных программно-информационных комплексов промышленного мониторинга территорий и объектов на базе ДЗЗ технологических программ, позволяющих контролировать состояние БДК на отдельных этапах его работы.

Структурная схема программно-информационного комплекса в соответствии с изложенными представлениями имеет следующий вид (рис. 2).

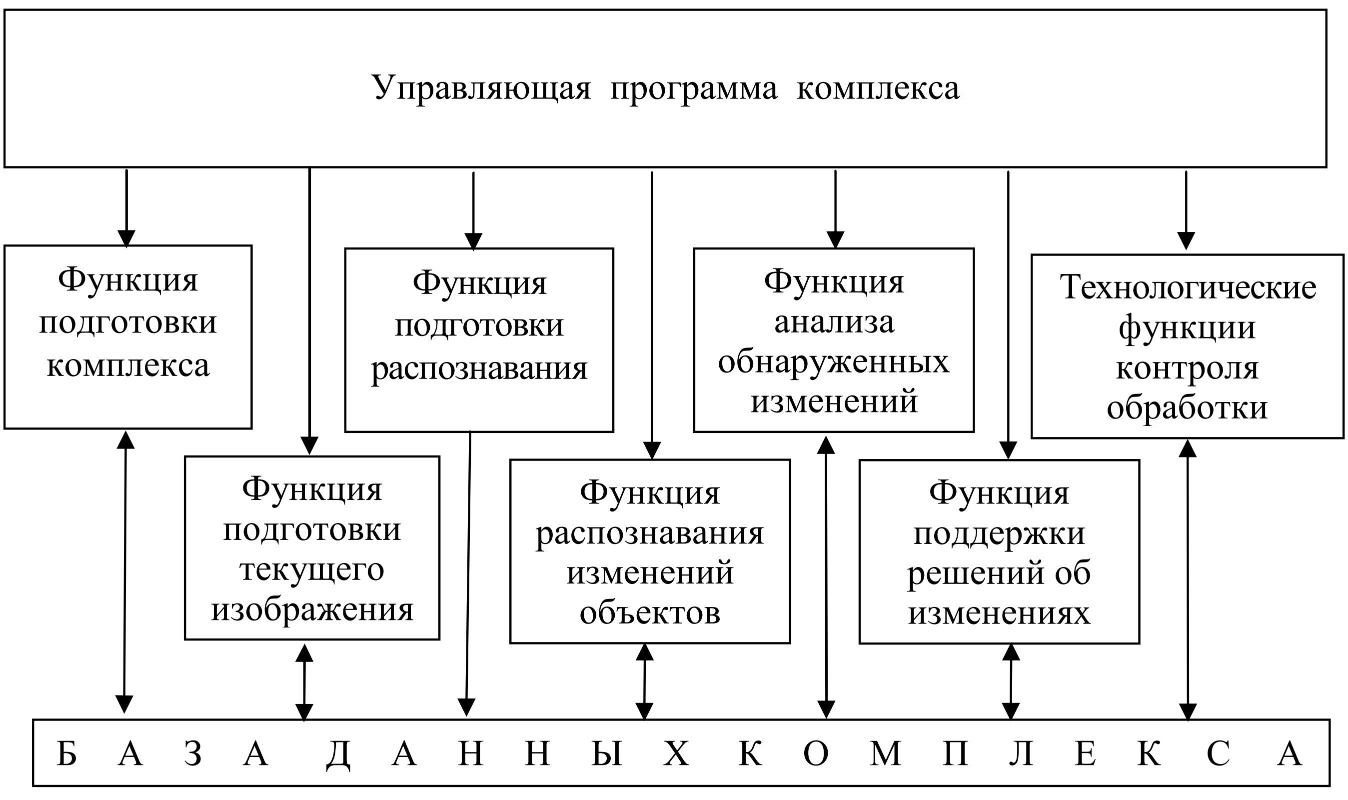


Рисунок 2 – Структурная схема программно-информационного комплекса мониторинга

3 Решение задач, обеспечивающих выполнение программно-информационным комплексом мониторинга своего назначения

В результате научно-исследовательских работ, выполненных в рамках государственных комплексных программ научных исследований «Научные основы информационных технологий и систем» (Задание «Инфотех 03»), «Разработка теоретических основ и технологий обработки и анализа данных дистанционного зондирования Земли в задачах распознавания состояний наземных объектов» (Задание КИ-07), были решены следующие задачи, являющиеся основополагающими для создания программно-информационных комплексов мониторинга:

– использование фотопланов взамен карт территорий мониторинга;

– введение в качестве основной единицы мониторинга объекта с сопутствующими способами выбора его положения, привязки и хранения данных;

– разработка оригинального алгоритмического и программного решения автоматической геометрической коррекции, обеспеченного методологией оценки точности и способов ее повышения;

– использование автоматически формируемых целеуказаний при расстановке реперных точек;

– автоматическая расстановка реперных точек на фотоплане для выполнения ко-регистрации;

– автоматический поиск и автоматическая расстановка реперных точек на изображении текущей съемки района мониторинга;

– разработка способа автоматического обнаружения объектов мониторинга на многоспектральном изображении космической съемки;

– разработка способа автоматической дополнительной геометрической коррекции для плоского пиксельного сведения эталонного и текущего изображения объекта;

– разработка способа автоматического сведения яркостей текущих изображений объектов с их эталонными изображениями;

– разработка словаря признаков рангового и моментного типов для распознавания изменений внешнего облика объектов;

– разработка способа автоматического обнаружения изменений объектов мониторинга;

– использование разностных гистограмм эталонного и текущего изображений для автоматической селективно-яркостной пространственной сегментации изменений их внешнего облика в каждом из спектральных диапазонов съемки;

– разработка способа автоматической многоспектральной декомпозиции изменений внешнего облика объектов мониторинга;

– разработка способов автоматического описания многоспектральных изменений объектов мониторинга, принятия решений и выпуска отчетной документации.

4 Особенности отладки программного обеспечения и испытаний программно-информационных комплексов

Отладка программного обеспечения и испытания программно-информационных комплексов, представляющих сложные системы взаимодействующих программ, требуют использования в такой же степени сложных тестовых данных, разработка которых представляет самостоятельную задачу, требующую отдельного решения.

В связи с этим для рассматриваемых программно-информационных комплексов наиболее целесообразной представляется окончательная отладка модулей и функций комплексов, а также их испытания на реальной информации космической съемки. Для ее применения требуется предварительное исследование изображений с целью формирования представлений о влиянии каждой их особенности на выполнение программируемых функций и модулей.

Заключение

Результаты исследований и разработки экспериментальных образцов программно-информационных комплексов промышленного мониторинга с использованием спутникового ДЗЗ в оптическом диапазоне:

– определили основные принципы их построения в виде базовых положений, обеспечивающих достижение целей промышленного назначения;

– потребовали минимизации вмешательства оператора в процесс управления работой комплекса путем использования пассивного диалога его с программой;

– обеспечили решение задач автоматизации выполнения основополагающего объема программ обработки и анализа на базе новых научно-технических решений большого числа прикладных задач;

– показали целесообразность отработки программного обеспечения и испытаний комплексов подобного типа с использованием информации в виде изображений реальной космической съемки, предварительно оцениваемых с позиций решаемых задач.

Литература

1. Мурашко Н.И. Результаты создания программно-информационных комплексов мониторинга / Н.И. Мурашко, Л.А. Белозерский, А.Ю. Козаченко // Материалы V Белорусского космического конгресса. – Т. 2. – С. 37-41.
2. Комплексная система мониторинга территорий и объектов нефтехимической и газовых отраслей на базе данных ДЗЗ, наземных средств навигационного и датчикового контроля. Эскизный проект. Пояснительная записка / ОИПИ НАН Беларуси, г. Минск. – 2008. – 147 с.

Literatura

1. Murashko N.I. Materialy V Belorusskogo kosmicheskogo kongressa. T. 2. S. 37-41.
2. Kompleksnaja sistema monitoringa territorij i ob”ektov neftehimicheskoj i gazovyh otraslej na baze dannyh DZZ, nazemnyh sredstv navigacionnogo i datchikovogo kontrolja. Jeskiznyj proekt. Pojasnitel'naja zapiska. OIPI NAN Belarusi, g.Minsk. 2008. 147s.

RESUME

N.I. Murashko, L.A. Belozerskiy

Features for Construction of Automated Software Complexes of Industrial Monitoring with Use of ERS in Optical Absorption

The article is devoted to summarizing the ways and solutions to overcome the traditional limitations found in the development of software of ground monitoring facilities and territories, with the use of remote sensing data.

The basis of the construction of such complexes is the number of issues to overcome which ensures the success of the respective development. Industrial orientation highlights

the automatic alignment of digital images Nonequal satellite imagery, non-interactive control of their processing in favor of the action is automatically performed to detect changes of appropriate state or states of objects and analyze their features in the multifunctional software. The corresponding solutions are relevant. They are achieved through the implementation of stringent requirements to ensure the full repetition of the process of satellite imagery to survey the operation of complex composition operators who do not have a special theme, and programmer training.

The article based on of experience of creating such systems under review focuses attention on the purpose underlying the provisions of the implementation of which leads to the desired result:

- Focus on end-user and security;
- The definition of "monitoring object" and the relevant principles of its implementation;
- The introduction of appropriate state or condition of an object with a weather-climatic intervals skim reference data;
- Consistent use of space photography of the same set of "spacecraft - a system of land acquisition and processing of images";
- Automatic execution of selected tasks;
- The use of the passive dialogue mode with the operator of the software (the program leads operator step by step at the maximum awareness of the condition as prescribed actions when necessary);
- The use of photoplans as an image that has the same resolving power as the current filming of materials, rather than maps of the area monitoring;
- Interaction modules and functions through a database created by the complex;
- The creation of database on a remote server that is connected to the computer by the LAN;
- Possibility of receiving surface data on deviations from the nominal object of their condition, and others.

Separately, in this paper considered the problems whose solution provides the implementation of these basic provisions for the implementation of software and information for monitoring their use, and also features software debugging and testing.

Статья поступила в редакцию 01.06.2012.